

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 199 02 625 A 1

51 Int. Cl.⁶:
G 01 J 3/42
G 02 B 21/00
G 02 B 27/10

21 Aktenzeichen: 199 02 625.4
22 Anmeldetag: 23. 1. 99
43 Offenlegungstag: 30. 9. 99

DE 199 02 625 A 1

66 Innere Priorität:
198 03 151. 3 28. 01. 98

71 Anmelder:
Leica Microsystems Heidelberg GmbH, 69120
Heidelberg, DE

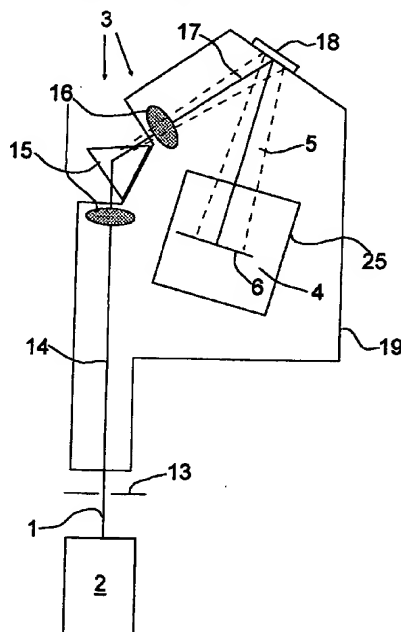
74 Vertreter:
Ullrich & Naumann, 69115 Heidelberg

72 Erfinder:
Engelhardt, Johann, Dr., 76669 Bad Schönborn, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Vorrichtung zur gleichzeitigen Detektion mehrerer Spektralbereiche eines Lichtstrahls

57 Eine Vorrichtung zur gleichzeitigen Detektion mehrerer Spektralbereiche eines Lichtstrahls (1), insbesondere zur Detektion des Lichtstrahls (1) eines Laserscanners (2) im Detektionsstrahlengang eines Konfokalmikroskops, ist zur Realisierung eines einfachen Aufbaus bei geringer Baugröße und unter Vermeidung des Defokussiereffektes gekennzeichnet durch eine Anordnung (3) zum spektralen Auffächern des Lichtstrahls (1) und eine Anordnung (4) zur Aufspaltung des aufgefächerten Strahls (5) aus der Dispersionsebene (6) heraus in Spektralbereiche (7, 8, 9) und anschließenden Detektion der ausgespaltenen Spektralbereiche (7, 8, 9).



DE 199 02 625 A 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur gleichzeitigen Detektion mehrerer Spektralbereiche eines Lichtstrahls, insbesondere zur Detektion des Lichtstrahls eines Laserscanners im Detektionsstrahlengang eines Konfokalmikroskops.

Vorrichtungen zur gleichzeitigen Detektion mehrerer Spektralbereiche eines Lichtstrahls sind aus der Praxis seit geraumer Zeit bekannt, und zwar unter der Bezeichnung "Multibanddetektor". Dabei handelt es sich um aufwendige optische Anordnungen, die mit zusätzlicher Optik eine Mehrfachfokussierung ermöglichen. Solche Anordnungen erfordern zur spektralen Multibanddetektion einen ganz erheblichen Raum, verursachen demnach eine nicht unbeachtliche Baugröße. Darüber hinaus tritt dort regelmäßig ein Defokussierungseffekt auf, so daß ein zusätzliches Nachfokussieren mit der zusätzlichen Optik – bezogen auf den jeweiligen Spektralbereich – erforderlich ist.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur gleichzeitigen Detektion mehrerer Spektralbereiche eines Lichtstrahls, insbesondere zur Detektion des Lichtstrahls eines Laserscanners im Detektionsstrahlengang eines Konfokalmikroskops, derart auszugestalten und weiterzubilden, daß bei einfachem Aufbau eine geringe Baugröße realisierbar ist, wobei der im Stand der Technik auftretende Defokussierungseffekt weitestgehend vermieden sein soll.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung der gattungsgemäßen Art löst die voranstehende Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruches 1. Danach ist eine solche Vorrichtung gekennzeichnet durch eine Anordnung zum spektralen Auffächern des Lichtstrahls und eine Anordnung zur Aufspaltung des aufgefächerten Strahls aus der Dispersionsebene heraus in Spektralbereiche und anschließenden Detektion der aufgespaltenen Spektralbereiche (Spalt-/Detektoranordnung).

Erfindungsgemäß ist erkannt worden, daß die gleichzeitige Detektion mehrerer Spektralbereiche eines Lichtstrahls dann ohne weiteres möglich ist, wenn man den Lichtstrahl zunächst spektral auffächert und anschließend aus der Dispersionsebene heraus eine Aufspaltung des aufgefächerten Strahls vornimmt. Die Aufspaltung des aufgefächerten Strahls aus der Dispersionsebene heraus erfolgt in erfindungsgemäßer Weise mittels einer besonderen optischen Anordnung, wobei die in Spektralbereiche aufgespaltenen Teilstrahlen bzw. die Spektralbereiche selbst detektiert werden, und zwar gleichzeitig. Wesentlich ist hier, daß der eigentlichen Aufspaltung in Spektralbereiche ein Auffächern des Lichtstrahls vorangeht, so daß die Aufspaltung aus der Dispersionsebene heraus am aufgefächerten Strahl stattfinden kann. Eine Mehrfachfokussierung mit zusätzlicher Optik ist hier jedenfalls nicht erforderlich.

Wie bereits zuvor ausgeführt, sind erfindungsgemäß zwei optische Anordnungen vorgesehen, nämlich einmal zum spektralen Auffächern des Lichtstrahls und ein anderes Mal zum Aufspalten und anschließenden Detektieren. Der Anordnung zum spektralen Auffächern des Lichtstrahls kann ein Pinhole vorgeschaltet sein, auf das der ankommende Lichtstrahl fokussiert ist, wobei das Pinhole einem Laserscanner unmittelbar nachgeschaltet sein kann. Wesentlich ist jedenfalls die Fokussierung des Lichtstrahls auf das im Strahlengang angeordnete Pinhole.

Von dort aus verläuft der divergente Strahl zu der Anordnung zum spektralen Auffächern des Lichtstrahls, wobei diese Anordnung Fokussieroptiken und Dispersionsmittel umfaßt. Die Dispersionsmittel können im Hinblick auf eine besonders einfache Konstruktion als Prisma ausgeführt sein. Vor und nach den Dispersionsmitteln bzw. dem Prisma ist in weiter vorteilhafter Weise jeweils eine Fokussieroptik ange-

ordnet, die wiederum eine Linsenanordnung umfassen kann.

Der von dem Pinhole zum Prisma verlaufende divergente Strahl wird durch die Fokussieroptiken in die später noch zu erläuternde Spalt-/Detektoranordnung fokussiert, von wo aus die Aufspaltung in Spektralbereiche stattfindet.

Insbesondere im Hinblick auf eine geringe Baugröße sind der Anordnung zum Auffächern des Lichtstrahls Reflexionsmittel zur Rückfaltung des aufgefächerten Strahls nachgeordnet, wobei es sich bei den Reflexionsmitteln um eine verspiegelte Fläche bzw. um einen Spiegel handeln kann. Jedenfalls erlaubt die zumindest einmalige Rückfaltung des aufgefächerten Strahls eine geringe Baugröße der gesamten Vorrichtung.

Wie bereits zuvor erwähnt, ist der Lichtstrahl mittels der Fokussieroptiken in die Spalt-/Detektoranordnung fokussierbar. Diese Spalt-/Detektoranordnung ist demnach im Strahlengang des aufgefächerten Strahls angeordnet und umfaßt Spaltblenden bildende Reflexionsflächen, die den aufgefächerten Strahl einerseits durch Spaltbildung und andererseits durch Reflexion aus der Dispersionsebene heraus in mehrere Teilstrahlen und somit die einzelnen Spektralbereiche auf die entsprechenden Detektoren abbilden. Mit anderen Worten dienen die Spaltblenden zum teilweisen Durchlassen des dort ankommenden Strahls – entsprechend der Blendenbreite – und andererseits zur Reflexion an den dort vorgesehenen Reflexionsflächen, so daß bereits bei einer Spaltblende und zwei Reflexionsflächen (beidseits je eine Reflexionsfläche zur Bildung der Spaltblende) eine Zerlegung in drei Teilstrahlen und somit in drei Spektralbereiche möglich ist. Diese Aufteilung erfolgt am aufgefächerten Strahl aus dessen Dispersionsebene heraus. Selbstverständlich kann sowohl der an der Spaltblende durchgelassene Teilstrahl als auch der reflektierte Teilstrahl abwärts auf eine Spaltblende auftreffen und dort weiter gemäß voranstehender Erläuterung zerlegt werden. Die Zerlegung in mehrere Teilstrahlen ist somit durch Mehrfachanordnung von Spaltblenden mit entsprechenden Reflexionsflächen möglich.

Die aufgespaltenen Teilstrahlen gelangen unmittelbar zu Detektoren, wobei die Anzahl der Detektoren der Anzahl der Teilstrahlen entspricht.

Für die hier vorgesehenen Spaltblenden ist des weiteren wesentlich, daß sie in etwa im Fokus des aufgefächerten Strahls plaziert bzw. angeordnet sind. Die Reflexionsflächen der Spaltblenden sind als verspiegelte Flächen bzw. Spiegel ausgeführt, wobei sich die verspiegelten Flächen entsprechend dem Trägermaterial beispielsweise aufdampfen lassen.

Hinsichtlich einer konkreten Ausgestaltung der Spaltblenden ist es von Vorteil, wenn die verspiegelte Fläche einer die Spaltblende bildenden Spaltblendenbacke zugeordnet ist und wenn die Spaltblendenbacke in ihrer die Spaltblende, den zu reflektierenden Bereich des aufgefächerten Strahls und ggf. den Reflexionswinkel definierenden Position einstellbar bzw. verstellbar oder verschiebbar ist. Somit läßt sich durch Einstellen der Spaltblendenbacke nicht nur der Spektralbereich des durchgelassenen Teilstrahls sowie der reflektierte Teilstrahl festlegen, sondern auch die Richtung, in die die reflektierten Teilstrahlen laufen. Die Anordnung der Detektoren ist somit zumindest in einem gewissen Bereich variabel.

Im Konkreten könnten die Spaltblendenbacken als jeweils kubischer oder beispielsweise auch vierkantiger Stab mit zumindest teilweise verspiegelter Fläche ausgeführt sein. Eine der Flächen dient dann – zumindest teilweise – als Reflexionsfläche, wobei es sich dabei um die an den eigentlichen Spalt angrenzende Fläche handelt. Zur Herstellung der Spaltblendenbacke kommt ein Glas-Vollkörper in Frage,

der entsprechend dem verwendeten Glastyp bereits eine Totalreflexion an seiner Oberfläche bieten kann. Außerdem läßt sich Glas einfach bearbeiten und verfügt über einen äußerst geringen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, so daß eine temperaturabhängige Justage der Anordnung nicht erforderlich ist.

In weiter vorteilhafter Weise sind die Spaltblendenbacken im Sinne eines Schiebers mit drehantriebener Spindel bzw. mit entsprechendem Gewindegang ausgeführt. Insofern könnte die Einstellung der Spaltblendenbacken über Aktoren erfolgen, die einen Vorschub und ggf. eine Drehung der verspiegelten Fläche der Spaltblendenbacke verursachen. Durch Verstellen der Position der Spaltblendenbacke läßt sich die Spaltbreite und die Breite des reflektierten Strahls und somit der jeweilige Spektralbereich einstellen. Durch Verstellen der Winkelstellung der Spaltblendenbacke und somit des Reflexionswinkels ist eine Justierung auf fest positionierte Detektoren möglich. Bei den Aktoren kann es sich um beliebige Handbetätigungen handeln. In vorteilhafter Weise dienen als Aktoren Elektromotoren, insbesondere Elektromotoren mit Feintrieb.

Innerhalb der Spalt-/Detektoranordnung können Maßnahmen zur Unterdrückung von Streulicht vorgesehen sein, so bspw. sogenannte Strahlfallen oder Blenden, wie sie zur Streulichtunterdrückung aus dem Stand der Technik hinlänglich bekannt sind.

Als Detektoren für die unterschiedlichen Spektralbereiche bzw. Farben lassen sich jedwede herkömmliche Detektoren, vorzugsweise Photomultiplier, verwenden. So ist es beispielsweise auch möglich, handelsübliche CCD-Sensoren zu verwenden.

Im Hinblick auf eine kompakte Bauweise der gesamten Vorrichtung ist es von Vorteil, wenn die Anordnung zum spektralen Auffächern des Lichtstrahls und die Spalt-/Detektoranordnung von einem einzigen Chassis getragen werden, welches unmittelbar am Laserscanner montiert bzw. festlegbar ist. Die Spalt-/Detektoranordnung mit den dort vorgesehenen Spaltblendenbacken könnte in einem als Einschub handhabbaren Gehäuse angeordnet sein. Der Einschub könnte wiederum zur Einstellung des Einfallswinkels und der Dispersionsebene des aufgefächerten Strahls in seiner Position justierbar sein.

Schließlich ist es auch denkbar, daß das Gehäuse für die Spalt-/Detektoranordnung thermisch weitgehend isoliert ist, um nämlich thermische Einflüsse auf die dortige Anordnung wirksam zu vermeiden.

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die dem Patentanspruch 1 nachgeordneten Ansprüche, andererseits auf die nachfolgende Erläuterung eines Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der Zeichnung zu verweisen. In Verbindung mit der Erläuterung des bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung werden auch im allgemeinen bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Lehre erläutert. In der Zeichnung zeigt

Fig. 1 in einer schematischen Darstellung ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur gleichzeitigen Detektion mehrerer Spektralbereiche eines Lichtstrahls, wobei dort die Spalt-/Detektoranordnung als Black-Box dargestellt ist;

Fig. 2 in einer schematischen Prinzip-Darstellung die Funktionsweise der Spalt-/Detektoranordnung und

Fig. 3 in einer schematischen Darstellung eine mögliche prinzipielle Anordnung der Bauteile der Spalt-/Detektoranordnung.

Fig. 1 zeigt in schematischer Darstellung ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur gleichzeitigen Detektion

mehrerer Spektralbereiche eines Lichtstrahls 1, wobei es sich hier um eine Vorrichtung zur Detektion des Lichtstrahls 1 eines lediglich schematisch angedeuteten Laserscanners 2 im Detektionsstrahlengang eines in der Figur nicht gezeigten Konfokalmikroskops handelt.

Erfindungsgemäß umfaßt die Vorrichtung eine Anordnung 3 zum spektralen Auffächern des Lichtstrahls 1 und ein nachfolgend stets als Spalt-/Detektoranordnung 4 bezeichnete Anordnung zur Aufspaltung des aufgefächerten Strahls 5 aus der Dispersionsebene 6 heraus in Spektralbereiche 7, 8, 9 und zur anschließenden Detektion der aufgespaltenen Spektralbereiche 7, 8, 9 mittels Detektoren 12, 10, 11.

In Fig. 1 ist angedeutet, daß der Anordnung 3 zum spektralen Auffächern des Lichtstrahls 1 ein Pinhole 13 vorgeschaltet ist, auf das der ankommende Lichtstrahl 1 fokussiert ist. Von dort aus verläuft der divergente Lichtstrahl 14 zu einem Prisma 15, wobei vor und nach dem Prisma 15 Fokussieroptiken 16 angeordnet sind. Dort wird der divergente Lichtstrahl 14 in die Spalt-/Detektoranordnung 4 fokussiert, wobei dieser zur Rückfaltung des durch das Prisma 15 aufgefächerten Strahls 17 zunächst auf einen Spiegel 18 trifft und von dort in die Spalt-/Detektoranordnung 4 gelangt, und zwar mit entsprechender Fokussierung.

Fig. 1 läßt des weiteren erkennen, daß sowohl die Anordnung 3 zum spektralen Auffächern des Lichtstrahls 1 als auch die Spalt-/Detektoranordnung 4 einem Chassis 19 zugeordnet sind, wobei das Chassis 19 unmittelbar am Laserscanner 2 fixiert werden kann. Dies ist insbesondere durch die kompakte Bauweise der gesamten Anordnung möglich.

Die Fig. 2 und 3 zeigen einerseits die prinzipielle Funktionsweise und andererseits die grundsätzliche Anordnung der jeweiligen Bauteile innerhalb der Spalt-/Detektoranordnung 4.

In der Spalt-/Detektoranordnung 4 wird der aufgefächerte Strahl 17 bzw. 5 durch die Spaltblendenbacken 23 und den verspiegelten Flächen 21 in mehrere Teilstrahlen bzw. Spektralbereiche 7, 8, 9 aus der Dispersionsebene 6 heraus zu den Detektoren 10, 11, 12 geleitet. Bei der in Fig. 2 gewählten Darstellung liegt die Dispersionsebene 6 senkrecht zu der Zeichenebene (ihre Projektion ist mit Bezugszeichen 5 gekennzeichnet). Bei der in Fig. 3 gewählten Darstellung liegt die Dispersionsebene 6 in der Zeichenebene.

Bei der Darstellung in Fig. 2 sind sowohl die Detektoren 10, 11, 12 als auch die als Elektromotoren ausgeführten Aktoren 22 lediglich schematisch gezeigt. Gleiches gilt für die den Spalt 20 bildende Spaltblendenbacken 23 nebst der verspiegelnden Flächen 21, die unmittelbar an den Spaltblendenbacken 23 vorgesehen sind.

Fig. 2 zeigt des weiteren eine Vergrößerung eines reflektierten Spektralbereichs 9, wobei die Reflexion an der verspiegelten Stirnseite einer Spaltblendenbacke 23 stattfindet.

Fig. 3 zeigt deutlich, daß Teile des in die Spalt-/Detektoranordnung 4 einlaufenden, spektral aufgefächerten Strahls 5 an den verspiegelten Flächen 21 nach oben und nach unten zu den Detektoren 10, 11 abgelenkt werden. Ein weiterer Teilstrahl bzw. Spektralbereich 7 passiert den Spalt 20 und gelangt zum Detektor 12.

Die Aktoren 22 ermöglichen eine Einstellung des Spalts 20 zwischen den Spaltblendenbacken 23, wodurch eine individuelle Einstellung der Spektralbereiche 7, 8, 9 möglich ist, deren Teilstrahlen schließlich zu den Detektoren 12, 10, 11 gelangen.

Durch die Aufspaltung des einfallenden aufgefächerten Strahls 17 bzw. 5 aus der Dispersionsebene 6 heraus ist es möglich, die Spaltblendenbacken 23 hinreichend genau im Fokus des aufgefächerten Strahls 17 bzw. 5 zu platzieren.

Schließlich sei angemerkt, daß der einfacheren Darstel-

der entsprechend dem verwendeten Glastyp bereits eine Totalreflexion an seiner Oberfläche bieten kann. Außerdem läßt sich Glas einfach bearbeiten und verfügt über einen äußerst geringen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, so daß eine temperaturabhängige Justage der Anordnung nicht erforderlich ist.

In weiter vorteilhafter Weise sind die Spaltblendenbacken im Sinne eines Schiebers mit drehangetriebener Spindel bzw. mit entsprechendem Gewindegang ausgeführt. Insofern könnte die Einstellung der Spaltblendenbacken über Aktoren erfolgen, die einen Vorschub und ggf. eine Drehung der verspiegelten Fläche der Spaltblendenbacke verursachen. Durch Verstellen der Position der Spaltblendenbacke läßt sich die Spaltbreite und die Breite des reflektierten Strahls und somit der jeweilige Spektralbereich einstellen. Durch Verstellen der Winkelstellung der Spaltblendenbacke und somit des Reflexionswinkels ist eine Justierung auf fest positionierte Detektoren möglich. Bei den Aktoren kann es sich um beliebige Handbetätigungen handeln. In vorteilhafter Weise dienen als Aktoren Elektromotoren, insbesondere Elektromotoren mit Feintrieb.

Innerhalb der Spalt-/Detektoranordnung können Maßnahmen zur Unterdrückung von Streulicht vorgesehen sein, so bspw. sogenannte Strahlfallen oder Blenden, wie sie zur Streulichtunterdrückung aus dem Stand der Technik hinlänglich bekannt sind.

Als Detektoren für die unterschiedlichen Spektralbereiche bzw. Farben lassen sich jedwede herkömmliche Detektoren, vorzugsweise Photomultiplier, verwenden. So ist es beispielsweise auch möglich, handelsübliche CCD-Sensoren zu verwenden.

Im Hinblick auf eine kompakte Bauweise der gesamten Vorrichtung ist es von Vorteil, wenn die Anordnung zum spektralen Auffächern des Lichtstrahls und die Spalt-/Detektoranordnung von einem einzigen Chassis getragen werden, welches unmittelbar am Laserscanner montiert bzw. festlegbar ist. Die Spalt-/Detektoranordnung mit den dort vorgesehenen Spaltblendenbacken könnte in einem als Einschub handhabbaren Gehäuse angeordnet sein. Der Einschub könnte wiederum zur Einstellung des Einfallswinkels und der Dispersionsebene des aufgefächerten Strahls in seiner Position justierbar sein.

Schließlich ist es auch denkbar, daß das Gehäuse für die Spalt-/Detektoranordnung thermisch weitgehend isoliert ist, um nämlich thermische Einflüsse auf die dortige Anordnung wirksam zu vermeiden.

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die dem Patentanspruch 1 nachgeordneten Ansprüche, andererseits auf die nachfolgende Erläuterung eines Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der Zeichnung zu verweisen. In Verbindung mit der Erläuterung des bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung werden auch im allgemeinen bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Lehre erläutert. In der Zeichnung zeigt

Fig. 1 in einer schematischen Darstellung ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur gleichzeitigen Detektion mehrerer Spektralbereiche eines Lichtstrahls, wobei dort die Spalt-/Detektoranordnung als Black-Box dargestellt ist;

Fig. 2 in einer schematischen Prinzip-Darstellung die Funktionsweise der Spalt-/Detektoranordnung und

Fig. 3 in einer schematischen Darstellung eine mögliche prinzipielle Anordnung der Bauteile der Spalt-/Detektoranordnung.

Fig. 1 zeigt in schematischer Darstellung ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur gleichzeitigen Detektion

mehrerer Spektralbereiche eines Lichtstrahls 1, wobei es sich hier um eine Vorrichtung zur Detektion des Lichtstrahls 1 eines lediglich schematisch angedeuteten Laserscanners 2 im Detektionsstrahlengang eines in der Figur nicht gezeigten Konfokalmikroskops handelt.

Erfindungsgemäß umfaßt die Vorrichtung eine Anordnung 3 zum spektralen Auffächern des Lichtstrahls 1 und ein nachfolgend stets als Spalt-/Detektoranordnung 4 bezeichnete Anordnung zur Aufspaltung des aufgefächerten Strahls 5 aus der Dispersionsebene 6 heraus in Spektralbereiche 7, 8, 9 und zur anschließenden Detektion der aufgespaltenen Spektralbereiche 7, 8, 9 mittels Detektoren 10, 11, 12.

In Fig. 1 ist angedeutet, daß der Anordnung 3 zum spektralen Auffächern des Lichtstrahls 1 ein Pinhole 13 vorgeschaltet ist, auf das der ankommende Lichtstrahl 1 fokussiert ist. Von dort aus verläuft der divergente Lichtstrahl 1 zu einem Prisma 15, wobei vor und nach dem Prisma 15 Fokussieroptiken 16 angeordnet sind. Dort wird der divergente Lichtstrahl 14 in die Spalt-/Detektoranordnung 4 fokussiert, wobei dieser zur Rückfaltung des durch das Prisma 15 aufgefächerten Strahls 17 zunächst auf einen Spiegel 18 trifft und von dort in die Spalt-/Detektoranordnung 4 gelangt, und zwar mit entsprechender Fokussierung.

Fig. 1 läßt des weiteren erkennen, daß sowohl die Anordnung 3 zum spektralen Auffächern des Lichtstrahls 1 als auch die Spalt-/Detektoranordnung 4 einem Chassis 19 zugeordnet sind, wobei das Chassis 19 unmittelbar am Laserscanner 2 fixiert werden kann. Dies ist insbesondere durch die kompakte Bauweise der gesamten Anordnung möglich.

Die Fig. 2 und 3 zeigen einerseits die prinzipielle Funktionsweise und andererseits die grundsätzliche Anordnung der jeweiligen Bauteile innerhalb der Spalt-/Detektoranordnung 4.

In der Spalt-/Detektoranordnung 4 wird der aufgefächerte Strahl 17 bzw. 5 durch die Spaltblendenbacken 23 und den verspiegelten Flächen 21 in mehrere Teilstrahlen bzw. Spektralbereiche 7, 8, 9 aus der Dispersionsebene 6 heraus zu den Detektoren 10, 11, 12 geleitet. Bei der in Fig. 2 gewählten Darstellung liegt die Dispersionsebene 6 senkrecht zu der Zeichenebene (ihre Projektion ist mit Bezugszeichen 5 gekennzeichnet). Bei der in Fig. 3 gewählten Darstellung liegt die Dispersionsebene 6 in der Zeichenebene.

Bei der Darstellung in Fig. 2 sind sowohl die Detektoren 10, 11, 12 als auch die als Elektromotoren ausgeführten Aktoren 22 lediglich schematisch gezeigt. Gleiches gilt für die den Spalt 20 bildende Spaltblendenbacken 23 nebst der verspiegelnden Flächen 21, die unmittelbar an den Spaltblendenbacken 23 vorgesehen sind.

Fig. 2 zeigt des weiteren eine Vergrößerung eines reflektierten Spektralbereichs 9, wobei die Reflexion an der verspiegelten Stirnseite einer Spaltblendenbacke 23 stattfindet.

Fig. 3 zeigt deutlich, daß Teile des in die Spalt-/Detektoranordnung 4 einlaufenden, spektral aufgefächerten Strahls 5 an den verspiegelten Flächen 21 nach oben und nach unten zu den Detektoren 10, 11 abgelenkt werden. Ein weiterer Teilstrahl bzw. Spektralbereich 7 passiert den Spalt 20 und gelangt zum Detektor 12.

Die Aktoren 22 ermöglichen eine Einstellung des Spalts 20 zwischen den Spaltblendenbacken 23, wodurch eine individuelle Einstellung der Spektralbereiche 7, 8, 9 möglich ist, deren Teilstrahlen schließlich zu den Detektoren 10, 11, 12 gelangen.

Durch die Aufspaltung des einfallenden aufgefächerten Strahls 17 bzw. 5 aus der Dispersionsebene 6 heraus ist es möglich, die Spaltblendenbacken 23 hinreichend genau im Fokus des aufgefächerten Strahls 17 bzw. 5 zu platzieren.

Schließlich sei angemerkt, daß der einfacheren Darstel-

- Leerseite -

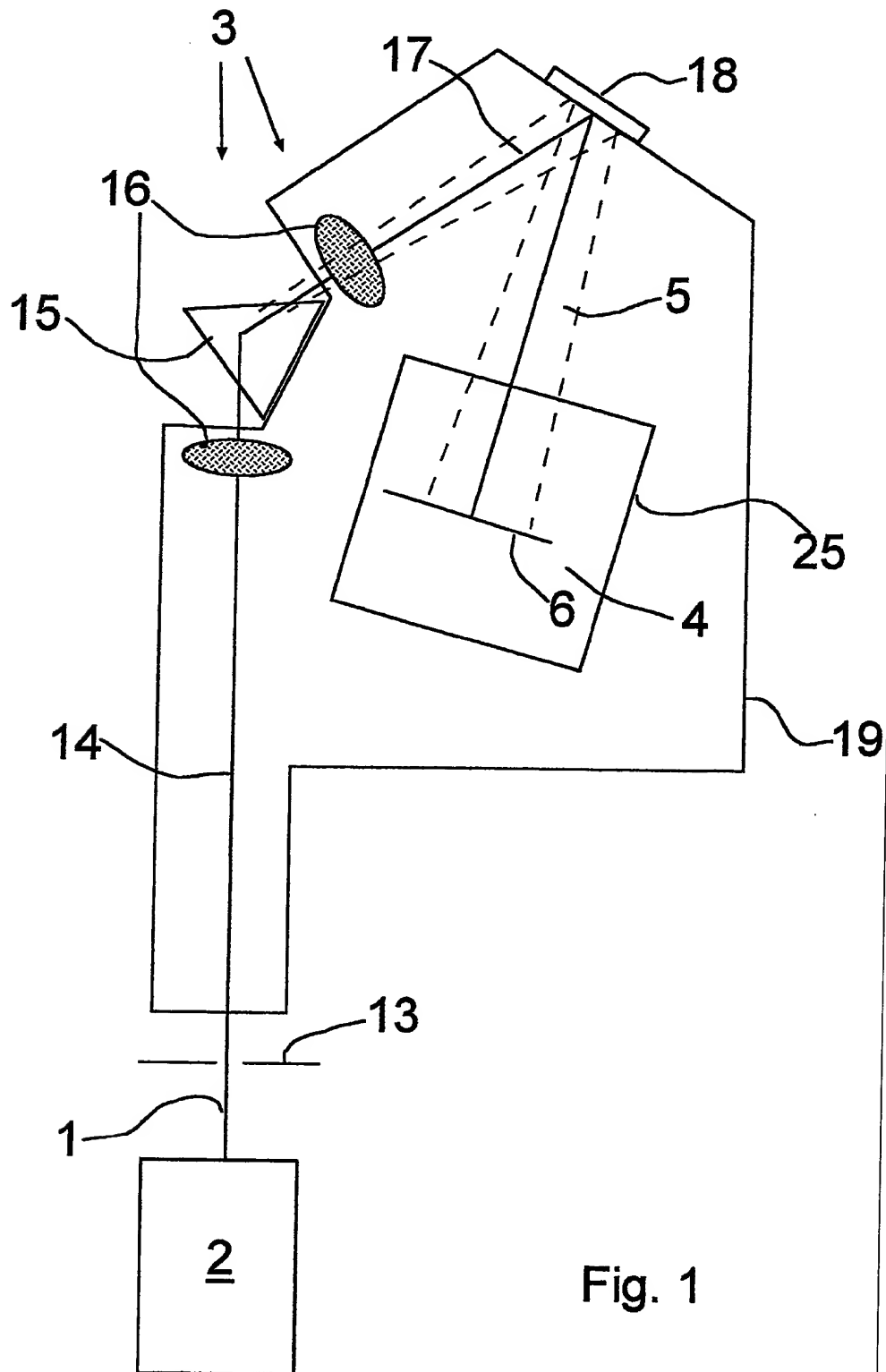


Fig. 1

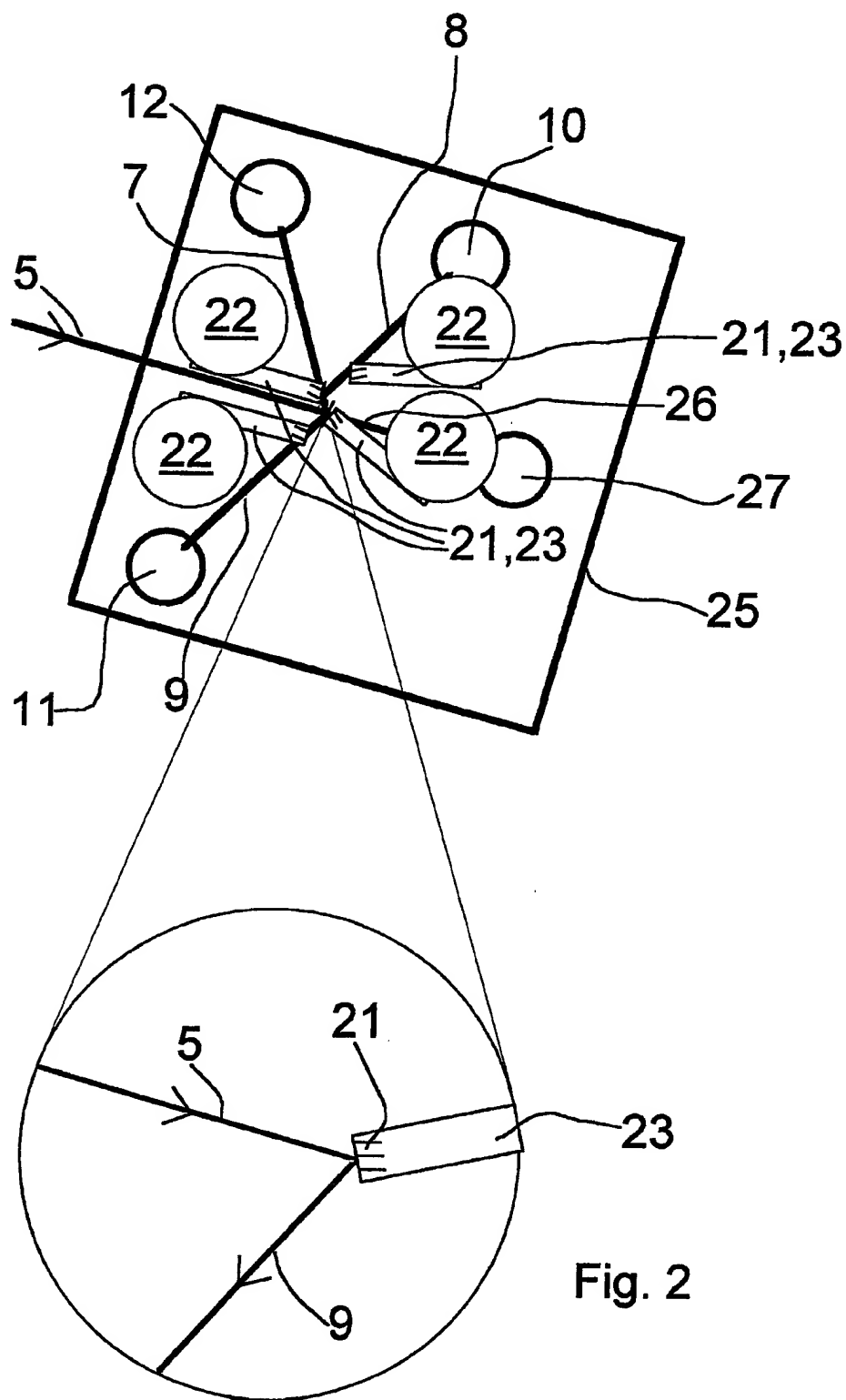


Fig. 2

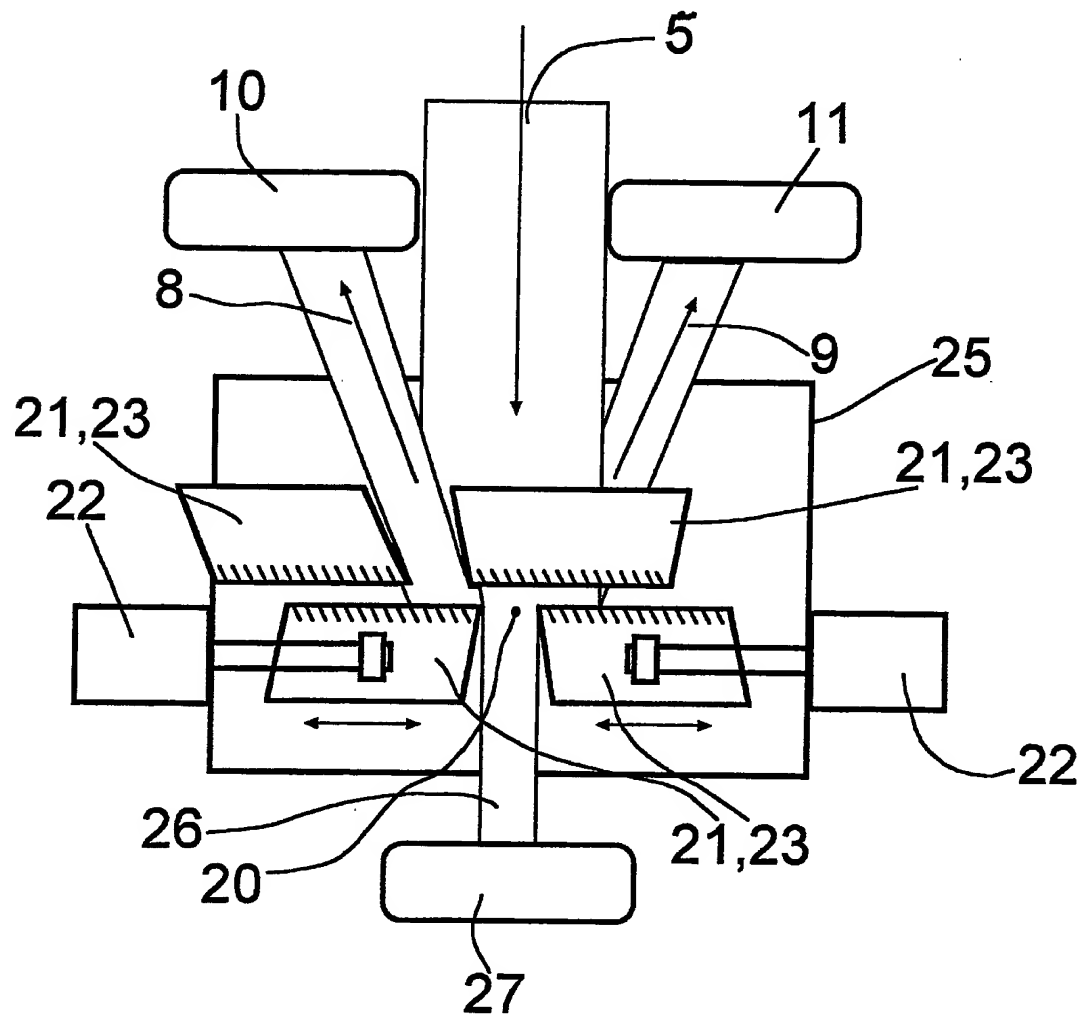


Fig. 3

APPARATUS FOR SIMULTANEOUS DETECTION OF A PLURALITY OF SPECTRAL REGIONS OF A LIGHT BEAM

5 The invention concerns an apparatus for simultaneous detection of a plurality of spectral regions of a light beam, in particular for detection of the light beam of a laser scanner in the detection beam path of a confocal microscope.

10 Apparatuses for simultaneous detection of a plurality of spectral regions of a light beam have been known from practical use for some time, and are referred to as "multiband detectors." These are complex optical arrangements that use an additional optical system to allow multiple focusing. Arrangements of this kind require a great deal of space for spectral multiband detection, and their resulting overall size is thus not inconsiderable. In addition, a defocusing effect often occurs therein, so that additional refocusing with the additional optical system - with reference to the respective spectral region - is necessary.

15 It is therefore the object of the invention to configure and develop an apparatus for simultaneous detection of multiple spectral regions of a light beam, in particular for detection of the light beam of a laser scanner in the detection beam path of a confocal microscope, in such a way that a small overall size can be achieved with a simple configuration, the
20 intention being to avoid, to a very large extent, the defocusing effect that occurs in the existing art.

The apparatus of the generic type according to the present invention achieves the aforesaid object by way of the features of Claim 1. As defined therein, an apparatus of this kind is
25 characterized by an arrangement for spectral spreading of the light beam and an arrangement for splitting the spread beam out of the dispersion plane into spectral regions, and for subsequent detection of the split spectral regions (slit/detector arrangement).

30 According to the present invention, it has been recognized that simultaneous detection of a plurality of spectral regions of a light beam is readily possible if the light beam is first spectrally spread out and if a splitting of the spread beam out of the dispersion plane is then performed. Splitting of the spread beam out of the dispersion plane is accomplished, according to the present invention, by way of a particular optical arrangement, the partial beams split into spectral regions, or the spectral regions themselves, being detected

simultaneously. What is essential here is that the actual splitting into spectral regions is preceded by a spreading of the light beam, so that the splitting out of the dispersion plane can be performed on the spread beam. Multiple focusing with an additional optical system is in any event not necessary here.

5

As already set forth, according to the present invention two optical arrangements are provided, namely one for spectral spreading of the light beam and another for splitting and subsequent detection. The arrangement for spectral spreading of the light beam can be preceded by a pinhole onto which the incoming light beam is focused; the pinhole can be directly downstream from a laser scanner. What is essential in any case is the focusing of the light beam onto the pinhole arranged in the beam path.

10

From there, the divergent beam proceeds to the arrangement for spectral spreading of the light beam, this arrangement comprising focusing optical systems and dispersion means. In the interest of particularly simple design, the dispersion means can be embodied as a prism. In further advantageous fashion, a respective focusing optical system, which in turn can comprise a lens arrangement, is arranged before and after the dispersion means or prism.

15

The divergent beam proceeding from the pinhole to the prism is focused by the focusing optical systems into the slit/detector arrangement (to be explained later), from whence the splitting into spectral regions take place.

20

Particularly in the interest of small overall size, reflection means for folding back the spread beam are arranged after the arrangement for spreading the light beam; the reflection means can be a mirror-coated surface or a mirror. In any event, the fact that the spread beam is folded back at least once allows a small overall size for the apparatus as a whole.

25

As already mentioned earlier, the light beam can be focused into the slit/detector arrangement by way of the focusing optical systems. This slit/detector arrangement is thus arranged in the beam path of the spread beam and comprises reflective surfaces, forming slit diaphragms, which **[break down]** the spread beam, on the one hand by slit formation and on the other hand by reflection out of the dispersion plane, into a plurality of partial beams and thus image the individual spectral regions onto the corresponding detectors. In other words, the slit diaphragms provide partial transmission (corresponding to the slit width) of the beam arriving at them, and on the other hand provide reflection at the reflective

30

35

surfaces provided therein, so that even with one slit diaphragm and two reflective surfaces (one reflective surface on either side to form the slit diaphragm), a breakdown into three partial beams and thus into three spectral regions is possible. This division is performed on the spread beam, out of its dispersion plane. Of course both the partial beam transmitted
5 through the slit diaphragm and the reflected partial beam can once again strike a slit diaphragm and can be broken down there again as explained above. The division into a plurality of partial beams is thus made possible by a multiple arrangement of slit diaphragms having corresponding reflective surfaces.

- 10 The split partial beams pass directly to detectors, the number of detectors corresponding to the number of partial beams.

It is furthermore essential for the slit diaphragms provided here that they be placed or arranged approximately at the focus of the spread beam. The reflective surfaces of the slit
15 diaphragms are embodied as mirror-coated surfaces or mirrors; the mirror-coated surfaces can, for example, be vacuum-evaporated in accordance with the support material.

With regard to a concrete embodiment of the slit diaphragms, it is advantageous if the mirror-coated surface is associated with a slit diaphragm jaw forming the slit diaphragm, and
20 if the slit diaphragm jaw is adjustable, or movable or displaceable, in terms of its position which defines the slit diaphragm, the region of the spread beam to be reflected, and optionally the reflection angle. By adjusting the slit diaphragm jaw it is thus possible to define not only the spectral region of the transmitted partial beam and the reflected partial beam, but also the direction in which the reflected partial beams travel. The arrangement of
25 the detectors is thus variable at least within a certain range.

Concretely, the slit diaphragm jaws could be embodied as respective cubic or, for example, also quadrangular bars having an at least partially mirror-coated surface. One of the surfaces then serves, at least partially, as a reflective surface, this being the surface
30 adjacent to the actual slit. A solid glass element, which in accordance with the type of glass used can already offer a total reflection at its surface, is suitable for manufacture of the slit diaphragm jaw. In addition, glass is easy to process and has an extremely low coefficient of thermal expansion, so that temperature-related adjustment of the arrangement is not necessary.

In further advantageous fashion, the slit diaphragm jaws are embodied in the manner of a slider with a rotationally driven spindle and with a corresponding thread. Adjustment of the slit diaphragm jaws can thus be accomplished via actuators that cause an advance and optionally a rotation of the mirror-coated surface of the slit diaphragm jaw. Displacement of the position of the slit diaphragm jaw allows the slit width and the width of the reflected beam, and thus of the respective spectral region, to be adjusted. Adjustment of the angular position of the slit diaphragm jaw and thus the reflection angle makes possible alignment with immovably positioned detectors. The actuators can be any desired manual actuation systems. Electric motors, in particular electric motors with a fine adjustment system, advantageously serve as actuators.

Within the slit/detector arrangement, features can be provided to suppress flare, for example so-called beam traps or stops such as those sufficiently known from the existing art for flare suppression.

Any conventional detectors, preferably photomultipliers, can be used as detectors for the various spectral regions or colors. It is also possible, for example, to use commercially available CCD sensors.

In the interest of a compact design for the apparatus as a whole, it is advantageous if the arrangement for spectral spreading of the light beam and the slit/detector arrangement are carried by a single chassis that is mounted or can be fastened directly to the laser scanner. The slit/detector arrangement with the slit diaphragm jaws provided thereon could be arranged in a housing that can be handled as an insert. The insert could in turn be adjustable in terms of its position, in order to establish the incidence angle and the dispersion plane of the spread beam.

Lastly, it is also conceivable for the housing for the slit/detector arrangement to be largely thermally insulated, specifically in order effectively to eliminate thermal influences on the arrangement therein.

There are various ways of advantageously embodying and developing the teaching of the present invention. Reference is made, for that purpose, on the one hand to the claims which follow Claim 1, and on the other hand to the explanation below of an exemplary embodiment of the invention with reference to the drawings. In conjunction with the explanation of the

preferred exemplary embodiment of the invention, a general explanation is also given of preferred embodiments and developments of the teaching. In the drawings:

5 FIG. 1 shows, in a schematic depiction, an exemplary embodiment of an apparatus according to the present invention for simultaneous detection of a plurality of spectral regions of a light beam, the slit/detector arrangement being depicted therein as a "black box";

10 FIG. 2 shows, in a schematic basic depiction, the manner of operation of the slit/detector arrangement; and

FIG. 3 shows, in a schematic depiction, one possible basic arrangement of the components of the slit/detector arrangement.

15 FIG. 1 shows, in a schematic depiction, an exemplary embodiment of an apparatus for simultaneous detection of a plurality of spectral regions of a light beam 1, being in this case an apparatus for detection of light beam 1 of a laser scanner 2 (indicated only schematically) in the detection beam path of a confocal microscope (not shown in the Figure).

20

According to the present invention, the apparatus comprises an arrangement 3 for spectral spreading of light beam 1, and an arrangement, consistently referred to hereinafter as slit/detector arrangement 4, for splitting spread beam 5 out of dispersion plane 6 into spectral regions 7, 8, 9 and for subsequent detection of the split spectral regions 7, 8, 9 by way of detectors 12, 10, 11.

25

FIG. 1 indicates that arrangement 3 for spectral spreading of light beam 1 is preceded by a pinhole 13 onto which the incoming light beam 1 is focused. From there, divergent light beam 14 passes to a prism 15, focusing optical systems 16 being arranged before and after prism 15. There divergent light beam 14 is focused into slit/detector arrangement 4; in order to fold back beam 17 that has been spread by prism 15, said beam first strikes a mirror 18 and from there passes into slit/detector arrangement 4 with corresponding focusing.

30

It is further evident from FIG. 1 that both arrangement 3 for spectral spreading of light beam 1 and slit/detector arrangement 4 are associated with a chassis 19; chassis 19 can be

35

fastened directly to laser scanner 2. This is made possible, in particular, by the compact design of the entire arrangement.

FIGS. 2 and 3 show on the one hand the basic manner of operation and on the other hand
5 the general arrangement of the respective components within slit/detector arrangement 4.

In slit/detector arrangement 4, spread beam 17 or 5 is guided by slit diaphragm jaws 23 and mirror-coated surfaces 21 into a plurality of partial beams or spectral regions 7, 8, 9, out of dispersion plane 6, to detectors 10, 11, 12. In the depiction selected in FIG. 2, dispersion
10 plane 6 lies perpendicular to the plane of the drawing (its projection is labeled with the reference character 5). In the depiction selected in FIG. 3, dispersion plane 6 lies in the plane of the drawing.

In the depiction in FIG. 2, both detectors 10, 11, 12 and actuators 22, embodied as electric
15 motors, are shown only schematically. The same is true of slit diaphragm jaws 23 forming slit 20 together with mirror-coated surfaces 21 that are provided directly on slit diaphragm jaws 23.

FIG. 2 furthermore shows an enlargement of a reflected spectral region 9, the reflection
20 taking place at the mirror-coated end face of a slit diaphragm jaw 23.

FIG. 3 clearly shows that portions of spectrally spread beam 5 entering slit/detector arrangement 4 are deflected at mirror-coated surfaces 21 upward and downward to detectors 10, 11. A further partial beam or spectral region 7 passes through slit 20 and
25 arrives at detector 12.

Actuators 22 allow adjustment of slit 20 between slit diaphragm jaws 23, thus making possible individual adjustment of spectral regions 7, 8, 9 whose partial beams ultimately reach detectors 12, 10, 11.

30

Because the incident spread beam 17 or 5 is split out of dispersion plane 6, it is possible to place slit diaphragm jaws 23 with sufficient accuracy at the focus of spread beam 17 or 5.

Lastly, be it noted that for the sake of a simplified depiction, only two of the total of four
35 actuators 22 are depicted in FIG. 3.

Parts list

- 1 Light beam (arriving from laser scanner)
- 2 Laser scanner
- 5 3 Arrangement for spectral spreading of light beam 5
- 4 Slit/detector arrangement
- 5 Spread beam
- 6 Dispersion plane (of spread beam)
- 7 Spectral region
- 10 8 Spectral region
- 9 Spectral region
- 10 Detector
- 11 Detector
- 12 Detector
- 15 13 Pinhole
- 14 Divergent light beam (after pinhole)
- 15 Prism
- 16 Focusing optical systems
- 17 Spread beam (after prism)
- 20 18 Mirror (for folding)
- 19 Chassis
- 20 Slit
- 21 Mirror-coated surfaces (on slit diaphragm jaws)
- 22 Actuator
- 25 23 Slit diaphragm jaws
- 24 Housing
- 25 Spectral region
- 26 Detector

Claims

1. An apparatus for simultaneous detection of a plurality of spectral regions of a light beam (1), in particular for detection of the light beam (1) of a laser scanner (2) in the detection beam path of a confocal microscope,
5 **characterized by** an arrangement (3) for spectral spreading of the light beam (1) and an arrangement (4) for splitting the spread beam (5) out of the dispersion plane (6) into spectral regions (7, 8, 9), and for subsequent detection of the split spectral regions (7, 8, 9) in a slit/detector arrangement (4).
10
2. The apparatus as defined in Claim 1, **wherein** the arrangement (3) for spectral spreading of the light beam (1) is preceded by a pinhole (13) onto which the incoming light beam (1) is focused.
- 15 3. The apparatus as defined in Claim 1 or 2, **wherein** the arrangement (3) for spectral spreading of the light beam (1) comprises focusing optical systems (16) and dispersion means.
4. The apparatus as defined in Claim 3, **wherein** the dispersion means comprise a prism
20 (15).
5. The apparatus as defined in Claim 3 or 4, **wherein** a respective focusing optical system (16) is arranged before and after the dispersion means.
- 25 6. The apparatus as defined in Claim 5, **wherein** the focusing optical systems (16) comprise lens arrangements.
7. The apparatus as defined in Claim 5 or 6, **wherein** the light beam (1) can be focused by the focusing optical systems (16) into the slit/detector arrangement (4).
30
8. The apparatus as defined in one of Claims 1 through 7, **wherein** reflection means for folding back (18) the spread beam (5) are arranged after the arrangement (3) for spreading the light beam.
- 35 9. The apparatus as defined in Claim 8, **wherein** the reflection means are a mirror (18).

10. The apparatus as defined in one of Claims 1 through 9, **wherein** means for diffracting the spread beam (5) are arranged after the arrangement (3) for spreading the light beam.

5

11. The apparatus as defined in Claim 10, **wherein** the diffraction means are a transparent grating.

10

12. The apparatus as defined in Claim 10, **wherein** the diffraction means are a reflective grating.

15

13. The apparatus as defined in one of Claims 1 through 9, **wherein** means for refracting the spread beam (5) are arranged after the arrangement (3) for spreading the light beam.

14. The apparatus as defined in Claim 13, **wherein** the refraction means are a prism.

20

15. The apparatus as defined in one of Claims 1 through 14, **wherein** the slit/detector arrangement (4) arranged in the beam path of the spread beam (5) comprises reflective surfaces, forming slit diaphragms (20), which break down the spread beam (5), by slit formation and reflection out of the dispersion plane (6), into a plurality of partial beams (7, 8, 9).

25

16. The apparatus as defined in Claim 15, **wherein** the partial beams (7, 8, 9) are passed to detectors (10, 11, 12) corresponding to the number of partial beams (7, 8, 9).

17. The apparatus as defined in Claim 15 or 16, **wherein** the slits (20) are placed approximately at the focus of the spread beam (5).

30

18. The apparatus as defined in one of Claims 15 through 17, **wherein** the reflective surfaces are embodied as mirror-coated surfaces (21) or mirrors.

35

19. The apparatus as defined in Claim 18, **wherein** the mirror-coated surface (21) is associated with a slit diaphragm jaw (23) forming the slit diaphragm (20); and the slit diaphragm jaws (23) are adjustable or displaceable in terms of their position which

defines the slit diaphragm (20), the region of the spread beam (5) to be reflected, and optionally the reflection angle.

- 5 20. The apparatus as defined in Claim 19, **wherein** the slit diaphragm jaw (23) is embodied as a preferably cubic or quadrangular bar having an at least partially mirror-coated surface (21).
- 10 21. The apparatus as defined in Claim 20, **wherein** the slit diaphragm jaw (23) is fabricated from glass.
22. The apparatus as defined in one of Claims 19 through 21, **wherein** the slit diaphragm jaws (23) are embodied in the manner of a slider with a rotationally driven spindle and thread.
- 15 23. The apparatus as defined in one of Claims 19 through 22, **wherein** adjustment of the slit diaphragm jaws (23) is accomplished via actuators (22) that cause an advance and optionally a rotation of the mirror-coated surface of the slit diaphragm jaws (23).
- 20 24. The apparatus as defined in Claim 23, **wherein** the actuators (22) are embodied as electric motors.
- 25 25. The apparatus as defined in one of Claims 1 through 24, **wherein** the detectors (10, 11, 12) are embodied as CCD sensors.
26. The apparatus as defined in one of Claims 1 through 25, **wherein** the arrangement for spectral spreading of the light beam (3) and the slit/detector arrangement (4) are carried by a chassis (19) that can be fastened directly to the laser scanner (2).
- 30 27. The apparatus as defined in Claim 26, **wherein** the slit/detector arrangement (4) is arranged in a housing (25) that can be handled as an insert.
28. The apparatus as defined in Claim 27, **wherein** the insert is adjustable in terms of its position in order to establish the incidence angle and the dispersion plane (6) of the spread beam (5).

29. The apparatus as defined in Claim 27 or 28, **wherein** the housing (25) is thermally insulated.

Abstract

5 An apparatus for simultaneous detection of a plurality of spectral regions of a light beam (1), in particular for detection of the light beam (1) of a laser scanner (2) in the detection beam path of a confocal microscope, is characterized, in order to achieve a simple configuration with small overall size and elimination of the defocusing effect, by an arrangement (3) for spectral spreading of the light beam (1) and an arrangement (4) for splitting the spread beam (5) out of the dispersion plane (6) into spectral regions (7, 8, 9), and for subsequent
10 detection of the split spectral regions (7, 8, 9).

(FIG. 1)